

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Off nl ungsschrift
⑩ DE 39 36 806 A 1

⑤1 Int. Cl.⁵:
F 22 B 3/02

⑳ Aktenzeichen: P 39 36 806.8
㉑ Anmeldetag: 4. 11. 89
㉒ Offenlegungstag: 8. 5. 91

DE 39 36 806 A 1

㉑ Anmelder:

Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt
eV, 5300 Bonn, DE

㉒ Vertreter:

Stellrecht, W., Dipl.-Ing. M.Sc.; Griebach, D.,
Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Haecker, W., Dipl.-Phys.;
Böhme, U., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Beck, J.,
Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 7000 Stuttgart

㉓ Erfinder:

Sternfeld, Hans, Prof. Dipl.-Ing. Dr., 7109
Jagsthausen, DE; Wolfmüller, Karlheinz, Prof.
Dipl.-Ing. Dr., 7519 Eppingen, DE; Brunn, Alfred, 6962
Adelsheim, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉔ Dampferzeuger

Um einen Dampferzeuger mit einem Einblaskopf, durch welchen ein Oxidator und ein Brennstoff in eine sich an den Einblaskopf anschließende Brennkammer eingeblasen werden, und mit in die Brennkammer mündenden Einspritzvorrichtungen für Wasser zu schaffen, bei welchem optimale Verbrennungsverhältnisse in der Brennkammer geschaffen werden, wird vorgeschlagen, daß der Einblaskopf mehrere Einblaselemente aufweist, welche den Oxidator und den Brennstoff gemeinsam in die Brennkammer einblasen und welche einen der beiden in einer inneren Zylinderströmung und den anderen in einer die innere Zylinderströmung umschließenden Ringströmung führen.

DE 39 36 806 A 1

Die Erfindung betrifft einen Dampferzeuger, insbesondere einen Wasserstoff/Sauerstoffdampferzeuger, mit einem Einblaskopf, durch welchen ein Oxidator und ein Brennstoff in eine sich an den Einblaskopf anschließende Brennkammer eingeblasen werden und mit in die Brennkammer mündenden Einspritzvorrichtungen für Wasser.

Bei derartigen Dampferzeugern besteht das Problem, den Oxidator und den Brennstoff optimal in die Brennkammer einzublasen, so daß eine vollständige Verbrennung erfolgt, wobei vorzugsweise der Oxidator und der Brennstoff in stöchiometrischen Verhältnissen eingeblasen werden und eine vollständige Verbrennung erreicht werden soll.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Dampferzeuger der gattungsgemäßen Art zu schaffen, bei welchem optimale Verbrennungsverhältnisse in der Brennkammer geschaffen werden.

Diese Aufgabe wird bei einem Dampferzeuger der eingangs beschriebenen Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der Einblaskopf mehrere Einblaselemente aufweist, welche den Oxidator und den Brennstoff gemeinsam in die Brennkammer einblasen und welche einen der beiden in eine innere Zylinderströmung und den anderen in einer die innere Zylinderströmung umschließenden Ringströmung führen.

Der Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung besteht darin, daß durch diese Art der Einblasung des Oxidators und des Brennstoffs eine zuverlässige und vor allem stöchiometrische Verbrennung der beiden möglich ist, was insbesondere bei Verwendung von Sauerstoff als Oxidator und Wasserstoff als Brennstoff eine zwingende Notwendigkeit darstellt.

Besonders zweckmäßig ist eine Lösung bei welcher die Ringströmung und die Zylinderströmung von dem Einblaselement direkt in die Brennkammer eingeblasen werden.

Ferner ist es von Vorteil, wenn die Ringströmung und die Zylinderströmung mit parallel zueinander verlaufenden Strömungsrichtungen im Einblaselement gebildet und in die Brennkammer eingeblasen wird.

Als besonders günstig hat es sich hierbei erwiesen, wenn die Ringströmung koaxial zur inneren Zylinderströmung verläuft.

Weiterhin hat sich bei der erfindungsgemäßen Ausbildung des Einblaskopfes als zweckmäßig erwiesen, wenn der Oxidator in der inneren Zylinderströmung und der Brennstoff in der äußeren Ringströmung geführt werden, so daß die Brennstoffströmung jeweils die Strömung des Oxidators umgibt.

Wie bereits eingangs erwähnt, ist vorzugsweise der Oxidator Sauerstoff und der Brennstoff Wasserstoff, wobei beide in stöchiometrisch gehaltenen Massenstromverhältnissen zugeführt werden.

Bei der Konzeption des erfindungsgemäßen Einblaskopfes hat es sich als besonders vorteilhaft erwiesen, wenn die Einblaselemente in einem Innenbereich einer Bodenplatte des Einblaskopfes angeordnet sind, welche einen den Innenbereich umschließenden, einblaselementfreien Randbereich aufweist, wobei sich dieser Randbereich vorzugsweise bis zu einer die Brennkammer umschließenden Wand erstreckt. Durch das Vorsehen dieses einblaselementfreien Randbereichs wird insgesamt eine bessere Energieumsetzung stromabwärts der Einblaselemente und eine niedrigere Wärmebelastung der Brennkammerwand erreicht.

Besonders vorteilhafte Relationen zwischen dem Innenbereich und dem Randbereich ergeben sich dann, wenn die Fläche des Innenbereichs nicht mehr als das 0,6fache der Gesamtfläche der Bodenplatte, gebildet aus der Summe der Flächen des Innen- und des Randbereichs, beträgt.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, daß die Bodenplatte kreisförmig ausgebildet ist. Somit ist es auch zweckmäßig, wenn der Innenbereich kreisförmig ausgebildet ist und der Randbereich einen den Innenbereich umgebenden Kreisringbereich darstellt.

Hinsichtlich der Ausbildung der Einblaselemente hat es sich ferner als vorteilhaft erwiesen, wenn die Querschnittsfläche der Zylinderströmung größer als die Querschnittsfläche der Ringströmung gehalten ist, um insbesondere eine gute Vermischung zwischen dem Brennstoff und dem Oxidator zu erreichen.

Auch bezüglich der einzelnen, die Zylinderströmung und die Ringströmung führenden Rohre haben sich bei bestimmten Relationen vorteilhafte Brenneigenschaften der Einblaselemente ergeben.

So ist es besonders vorteilhaft, wenn die Länge des die Zylinderströmung ausbildenden Innenrohrs des Einblaselements das mindestens Dreifache von dessen Durchmesser beträgt.

In gleicher Weise hat es sich alternativ oder zusätzlich zu dem Vorgenannten als besonders günstig erwiesen, wenn die Länge der die Ringströmung ausbildenden Mantelfläche des Einblaselements mindestens das Dreifache des "äquivalenten" oder "hydraulischen" Durchmessers der Ringströmung beträgt.

Bei den bislang beschriebenen Ausführungsbeispielen wurde lediglich auf die Anordnung der Einblaselemente, welche während des Betriebs des Dampferzeugers die Zufuhr des Oxidators und des Brennstoffs übernehmen, eingegangen. Es wurde jedoch nichts darüber gesagt, wie eine Zündung des Oxidator/Brennstoffgemischs erfolgen soll.

So sieht ein besonders bevorzugtes Ausführungsbeispiel vor, daß in dem Randbereich der Bodenplatte eine Mündungsöffnung einer Zündkammer oder Mündungsöffnungen mehrerer Zündkammern angeordnet sind. Dadurch wird erreicht, daß die Zündkammern außerhalb des Bereichs liegen, in welchem die für den Betrieb vorgesehenen Einblaselemente angeordnet sind und somit die Einblaselemente ohne Rücksicht auf die Zündkammern optimal angeordnet werden können.

Vorzugsweise sind, um eine gleichmäßige Zündung zu erreichen, mehrere Zündkammern vorgesehen.

Während bei den Einblaselementen vorgesehen ist, daß diese den Oxidator und den Brennstoff so in die Brennkammer einblasen, daß diese sich erst in der Brennkammer vollständig vermischen, ist im Gegensatz dazu bei den Zündkammern vorgesehen, daß in diesen der Oxidator und der Brennstoff zu einem zündfähigen Gemisch vermischt werden.

Vorzugsweise ist dabei die Zündkammer so ausgebildet, daß der in einer inneren Zylinderströmung zugeführte Oxidator und der in einer die innere Zylinderströmung umschließenden Ringströmung geführte Brennstoff, vor deren Austritt aus der Bodenplatte in einem Zündraum, vollständig vermischt werden.

Günstigerweise ist der Zündraum so angeordnet, daß er sich an ein inneres, die innere Zylinderströmung erzeugendes Zylinderrohr anschließt.

Außerdem ist zweckmäßigerweise der Zündraum so angeordnet, daß er von der Fortsetzung der die Rings-

trömung nach außen begrenzenden Mantelfläche umgrenzt ist.

Zur Zündung des Gemischs aus Oxidator und Brennstoff ist vorzugsweise ein Zündelement im Zündraum vorgesehen, wobei insbesondere das Zündelement unmittelbar vor der Mündungsöffnung angeordnet ist.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung sind Gegenstand der nachfolgenden Beschreibung sowie der zeichnerischen Darstellung eines Ausführungsbeispiels; in der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 einen teilweisen Längsschnitt durch ein schematisch dargestelltes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Dampferzeugers;

Fig. 2 eine vergrößerte Darstellung eines Einblaskopfs, und

Fig. 3 einen Schnitt längs Linie 3-3 in Fig. 2.

Ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Dampferzeugers, dargestellt in Fig. 1 umfaßt einen Einblaskopf 10, an welchen sich eine Brennkammer 12 anschließt, welche von einem Brennkammergehäuse 14 umgeben ist. In diesem Brennkammergehäuse sind im Abstand von dem Einblaskopf 10 mindestens einer oder auch mehrere Einspritzringe 16 angeordnet, mit welchen Wasser in die Brennkammer eingespritzt wird, so daß sich an einem dem Einblaskopf 10 gegenüberliegenden Ende ein Dampfstrom 18 ausbildet, welcher durch eine Auslaßöffnung 20 aus dem Dampferzeuger austritt. Das erfindungsgemäße Ausführungsbeispiel wird vorzugsweise als Wasserstoff/Sauerstoff-Dampferzeuger betrieben, bei welchem ein Sauerstoffstrom GO_2 und ein Wasserstoffstrom GH_2 dem Einblaskopf 10 in stöchiometrischen Verhältnissen zugeführt werden, wobei dieser Einblaskopf 10 dann die beiden Ströme in die Brennkammer 12 einbläst.

Wie in Fig. 2 dargestellt, bildet der die Brennkammer 12 abschließende und als Ganzes mit 10 bezeichnete Einblaskopf eine Bodenplatte 22, welche mit einem äußeren Auflagerand 24 an einem Abschlußflansch 26 des Brennkammergehäuses 14 anliegt und sich in einer senkrecht zu einer Längsachse 28 des Brennkammergehäuses verlaufenden Ebene erstreckt.

In einem konzentrisch um die Längsachse 28 herumverlaufenden, vorzugsweise kreisförmigen Innenbereich I ist die Bodenplatte 22 mit einer Vielzahl von als Ganzes mit 30 bezeichneten Einblaselementen versehen, welche mit einer Längsachse 32 parallel zur Längsachse 28 des Brennkammergehäuses ausgerichtet sind. Vorzugsweise sind dabei die Einblaselemente 30 in einem regelmäßigen Muster in dem Innenbereich I angeordnet und weisen im wesentlichen konstante Abstände voneinander auf.

Jedes dieser Einblaselemente 30 umfaßt eine Bohrung 34, welche sich von einer der Brennkammer 12 zugewandten Frontseite 36 der Bodenplatte 22 durch die Bodenplatte 22 hindurch in Richtung von der Brennkammer 12 weg bis zu einem Wasserstoffverteilteraum 38 erstreckt, und einem nachfolgend beschriebenen Innenrohr 50. Der Wasserstoffverteilteraum 38 wird dabei gebildet von einem Zwischenraum zwischen der Bodenplatte 22 und einem parallel zu dieser auf der der Brennkammer gegenüberliegenden Seite sowie im Abstand zu dieser angeordneten Zwischenboden 40, wobei die Zufuhr des Wasserstoffmassenstroms GH_2 vorzugsweise in einem Außenbereich des Wasserstoffverteilteraums 38, insbesondere über eine in radialer Richtung zur Längsachse 28 verlaufende Wasserstoffzuleitung 42 erfolgt, welche in den Wasserstoffverteilteraum 38 mündet.

Auf der dem Wasserstoffverteilteraum 38 gegenüberliegenden Seite des Zwischenbodens 40 ist ein Sauerstoffverteilteraum 44 vorgesehen, welcher einerseits durch den Zwischenboden 40 und andererseits durch einen rückseitigen Deckel 46 des Einblaskopfs 10 gebildet wird. In diesen Sauerstoffverteilteraum 44 mündet eine Sauerstoffzuleitung 48.

Außer durch die Bohrung 34 umfassen die Einblaselemente 30 auch noch das Innenrohr 50, welches den Zwischenboden 40 durchsetzt und von dem Sauerstoffverteilteraum 44 ausgehend sich in Richtung der Brennkammer 12 erstreckt und innerhalb der Bohrung 34 mit einem vorderen Ende 52 mündet, wobei das vordere Ende 52 in einem Abstand a hinter der Frontseite 36 der Bodenplatte 22 liegt.

Das Innenrohr 50 ist dabei coaxial zur Längsachse des jeweiligen Einblaselements 30 ausgerichtet und weist einen Außendurchmesser auf, welcher kleiner als ein Innendurchmesser der Bohrung 34 ist, so daß, wie in Fig. 3 dargestellt, zwischen dem Innenrohr 50 und der Bohrung 34 ein Ringspalt 54 verbleibt.

Da das Innenrohr 50 von dem Sauerstoffverteilteraum 44 ausgeht, strömt durch dieses Innenrohr 50 eine Zylinderströmung 56 von Sauerstoffgas, welche aus diesem Innenrohr an dessen vorderem Ende 52 austritt.

Da die Bohrung 34 sich bis zu dem Wasserstoffverteilteraum 38 erstreckt, welcher von dem Innenrohr 50 aber vollständig durchsetzt ist, strömt in dem Ringspalt 54 zwischen dem Innenrohr 50 und der Bohrung 34 eine Ringströmung 58, welche um die Zylinderströmung 56 bis zu dem vorderen Ende 52 des Innenrohrs 50 getrennt verläuft, so daß sich in dem Einblaselement 30 beide Strömungen erst ab dem vorderen Ende 52 des Innenrohrs vermischen können. Da das vordere Ende 52 im Abstand a von der Frontseite 36 der Bodenplatte 22 angeordnet ist, beginnt eine Vermischung der Ringströmung 58 mit der Zylinderströmung 56 in geringem Maße schon vor der Frontseite der Bodenplatte 22 setzt sich aber dann in verstärktem Maße in die Brennkammer 12 hinein fort und erfolgt in dieser dann vollständig.

Erfindungsgemäß ist die für die Zylinderströmung zur Verfügung gestellte Querschnittsfläche FZ größer als die für die Ringströmung zur Verfügung gestellte Querschnittsfläche FR, wobei zusätzlich stets die Bedingung einzuhalten ist, daß Sauerstoff und Wasserstoff in stöchiometrischen Verhältnissen miteinander eingeblasen werden.

Darüberhinaus ist in erfindungsgemäßer Weise die Länge LI des Innenrohrs 50 größer als der dreifache Durchmesser des Innenrohrs.

Außerdem ist in erfindungsgemäßer Weise auch die Länge LB einer Mantelfläche der Bohrung 34 so gewählt, daß sie größer ist als das dreifache des "äquivalenten" oder "hydraulischen" Durchmessers der Ringströmung 58, wobei sich dieser "äquivalente" oder "hydraulische" Durchmesser gemäß der Formel $D = 4FR/U$ errechnet, wobei U der Umfang des Strömungsquerschnitts der Ringströmung 58 ist.

Der Innenbereich I der Bodenplatte 22, welcher mit den Einblaselementen 30 versehen ist, ist noch zusätzlich umgeben von einem Randbereich R, welcher den Innenbereich I kreisringförmig umschließt und bis zu einer Innenwandfläche 60 des Brennkammergehäuses 14 reicht. Erfindungsgemäß ist dieser Randbereich R nicht mit Einblaselementen 30 versehen.

Dagegen sind in dem Randbereich R vorzugsweise Zündkammern 62 vorgesehen, welche sich insbesondere in entgegengesetzter Richtung zur Brennkammer 12

von der Bodenplatte 22 ausgehend erstrecken und mit ihrer vorderen Mündungsöffnung 64 in der Frontseite 36 der Bodenplatte 22 münden.

Die Zündkammern 62 umfassen dabei ein eine Außenwand desselben bildendes Hüllrohr 66 sowie ein koaxial in diesem Hüllrohr 66 angeordnetes Zylinderrohr 68, welches zwischen einer Innenwand des Hüllrohrs 66 und seiner eigenen Außenwand einen Ringraum 70 zwischen dem Hüllrohr 66 bildet. Ein hinteres Ende des Zylinderrohrs 68 ist mit einer Sauerstoffzufuhrleitung 72 verbunden, während ein hinteres Ende des Ringraums 70 mit einer Wasserstoffzufuhrleitung 74 verbunden ist, so daß ebenfalls eine Zylinderströmung des Sauerstoffs von einer Ringströmung von Wasserstoff umgeben ist.

Vorzugsweise endet das Zylinderrohr 68 in einem Abstand Z vor der Mündungsöffnung 64, so daß sich in der Zündkammer 62 die Ringströmung des Wasserstoffs mit der Zylinderströmung des Sauerstoffs vollständig vermischen können. Vorzugsweise ist zwischen dem Ende des Zylinderrohrs 68 und der Mündungsöffnung 64 ein elektrischer Zünder 76 vorgesehen, welcher die sich mit der Zylinderströmung des Sauerstoffs vermischte Ringströmung des Wasserstoffs vor der Mündungsöffnung 64 zündet, so daß aus der Mündungsöffnung 64 in der Bodenplatte 22 ein brennender Strahl 78 aus Wasserstoff und Sauerstoff austritt, welcher dann in der Lage ist, die im Innenbereich I aus der Bodenplatte 22 austretenden Wasserstoff/Sauerstoffströme zu zünden.

Hierzu wird vorzugsweise zwischen dem vorderen Ende des Zylinderrohrs 68 und der Mündungsöffnung 64 ein Zündraum 80 ausgebildet, welcher die Länge Z aufweist und sich zwischen dem vorderen Ende des Zylinderrohrs 68 und der Mündungsöffnung 64 erstreckt. Vorzugsweise wird der Zündraum durch eine innere Mantelfläche 82 des Hüllrohrs 66 begrenzt, die ebenfalls zur Ausbildung der Ringströmung im Bereich zwischen dem Hüllrohr 66 und dem Zylinderrohr 68 beiträgt und sich bis zur Mündungsöffnung 64 fortsetzt. Zweckmäßigerweise ragt ein Zündkopf 84 des Zündelements 76 über diese innere Mantelfläche hervor und ist in einem Bereich der vollständigen Vermischung des Oxidators mit dem Brennstoff, vorzugsweise unmittelbar vor der Mündungsöffnung 64 angeordnet.

Als Zündelement ist vorzugsweise eine Zündkerze oder eine Glühkerze vorgesehen.

Vorzugsweise ist bei dem erfindungsgemäßen Einblaskopf die Fläche FI des Innenbereichs so gewählt, daß sie kleiner oder gleich dem 0,6fachen der Fläche FI + FRa, d. h. der Summe der Fläche des Innenbereichs FI und der Fläche des Randbereichs FRa beträgt.

Patentansprüche

1. Dampferzeuger mit einem Einblaskopf, durch welchen ein Oxidator und ein Brennstoff in eine sich an den Einblaskopf anschließende Brennkammer eingeblasen werden, und mit in die Brennkammer mündenden Einspritzvorrichtungen für Wasser, dadurch gekennzeichnet, daß der Einblaskopf (10) mehrere Einblaselemente (30) aufweist, welche den Oxidator (O_2) und den Brennstoff (H_2) gemeinsam in die Brennkammer (12) einblasen und welche einen der beiden in einer inneren Zylinderströmung (56) und den anderen in einer die innere Zylinderströmung (56) umschließenden Ringströmung (58) führen.

2. Dampferzeuger nach Anspruch 1, dadurch ge-

kennzeichnet, daß die Ringströmung (58) koaxial zur Zylinderströmung (56) verläuft.

3. Dampferzeuger nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Oxidator (O_2) in der inneren Zylinderströmung (56) und der Brennstoff (H_2) in der Ringströmung (58) geführt sind.

4. Dampferzeuger nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Einblaselemente (30) in einem Innenbereich (I) einer Bodenplatte (22) des Einblaskopfs (10) angeordnet sind, welche einen den Innenbereich (I) umschließenden einblaselementfreien Randbereich (R) aufweist.

5. Dampferzeuger nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Fläche des Innenbereichs (FI) weniger als das 0,6fache der Gesamtfläche der Bodenplatte (22), gebildet aus der Summe der Flächen des Innenbereichs (FI) und des Randbereichs (FRa), beträgt.

6. Dampferzeuger nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Querschnittsfläche der Zylinderströmung (FZ) größer als die Querschnittsfläche (FR) der Ringströmung ist.

7. Dampferzeuger nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge (LI) des die Zylinderströmung (56) ausbildenden Innenrohrs (50) des Einblaselements (30) mindestens ungefähr das Dreifache von dessen Durchmesser beträgt.

8. Dampferzeuger nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge (LB) der die Ringströmung (58) ausbildenden Mantelfläche (34) des Einblaselements (30) mindestens ungefähr das Dreifache des "äquivalenten" oder "hydraulischen" Durchmessers der Ringströmung (58) beträgt.

9. Dampferzeuger nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Randbereich (R) der Bodenplatte (22) eine Mündungsöffnung (64) einer Zündkammer (62) angeordnet ist.

10. Dampferzeuger nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Zündkammern (62) vorgesehen sind.

11. Dampferzeuger nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Zündkammer (62) so ausgebildet ist, daß der Oxidator (O_2) und der Brennstoff (H_2) zu einem zündfähigen Gemisch vermischt werden.

12. Dampferzeuger nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Zündkammer (62) so ausgebildet ist, daß der in einer inneren Zylinderströmung zugeführte Oxidator (O_2) und der in einer die innere Zylinderströmung umgebenden Ringströmung zugeführte Brennstoff (H_2) vor deren Austritt aus der Bodenplatte (22) in einem Zündraum (80) vermischt werden.

13. Dampferzeuger nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Zündraum (80) sich an ein inneres, die innere Zylinderströmung erzeugendes Zylinderrohr (68) anschließt.

14. Dampferzeuger nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Zündraum (80) von der Fortsetzung der die Ringströmung nach außen begrenzenden Mantelfläche (82) umgrenzt ist.

15. Dampferzeuger nach einem der Ansprüche 9 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß ein Zündelement

(66) in dem Zündraum (80) angeordnet ist.
16. Dampferzeuger nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Zündelement (66) unmittelbar vor der Mündungsöffnung (64) angeordnet ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

FIG. 1

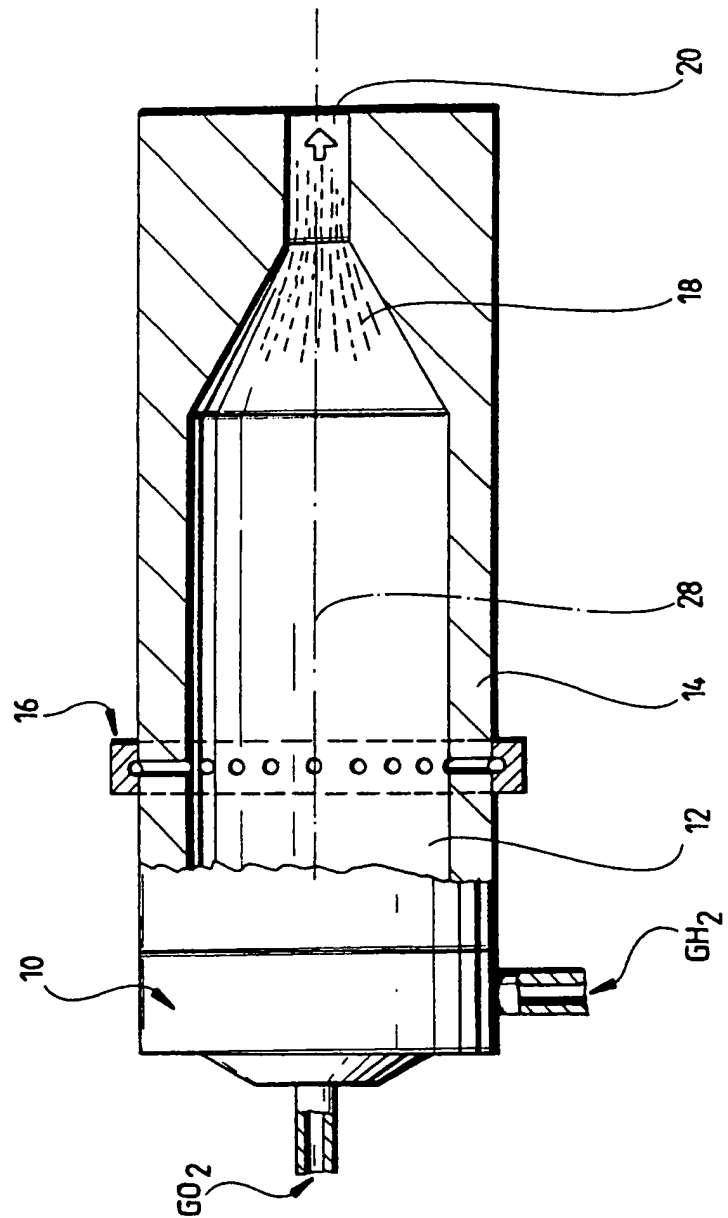


FIG. 2

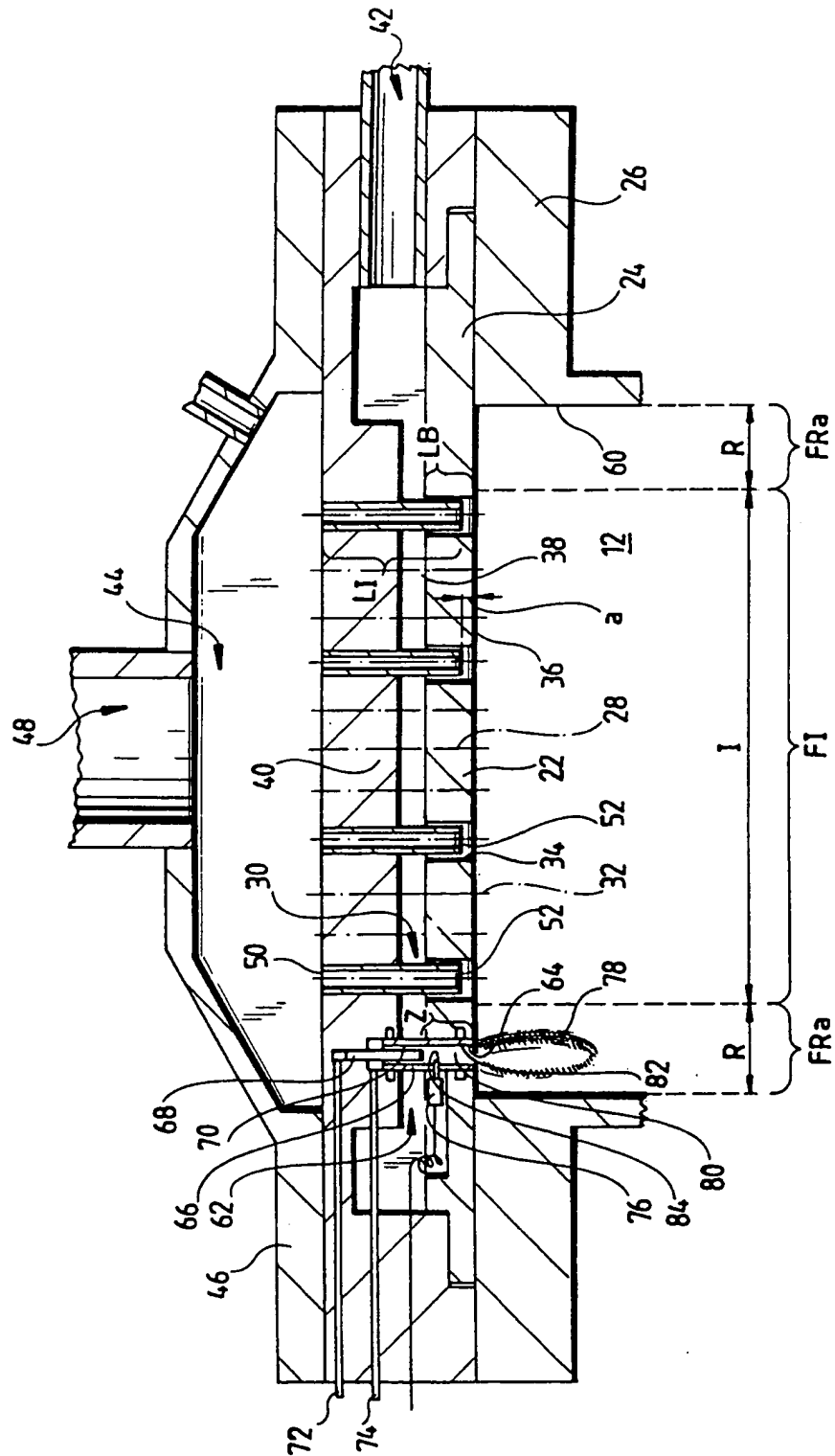


FIG. 3

